KARYA TULIS ILMIAH
MAHASISWA BERPRESTASI 2018
BIDANG SARJANA

Bio-based EDLC *(Electric Double Layer Capacitor)* dari Ramie *(Boehmeria nivea)* dengan Metode Pirolisis Ammonia (NH_3) sebagai *Highly Efficient and Clean Energy Storage Device*

REGIA PUSPITASARI **02211540000037**

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018

LEMBAR PENGESAHAN

1. Judul Kegiatan	: **Bio-based EDLC *(Electric Double Layer Capacitor)* dari Ramie *(Boehmeria nivea)* dengan Metode Pirolisis Ammonia (NH_3) sebagai *Highly Efficient and Clean Energy Storage Device***
2. Bidang Kegiatan	: Karya Tulis Ilmiah
3. Pelaksana Kegiatan	
a. Nama Lengkap	: Regia Puspitasari
b. NIM	: 2315100037
c. Jurusan	: Teknik Kimia
d. Universitas/Institut/Politeknik	: Institut Teknologi Sepuluh Nopember
e. Alamat Rumah dan No Tel./HP	: Perumahan Bumi Marina F38 , Sukolilo 083853312125
f. Alamat email	: regiapuspitasari@gmail.com
4. Dosen Pendamping	
a. Nama Lengkap dan Gelar	: Prof. Dr. Ir. Ali Altway, M.S.
b. NIDN	: 0004085103
c. Alamat Rumah dan No Tel./HP	: Perum ITS Blok I4, Sukolilo, Surabaya 60111/081931075670

Surabaya,

Dosen Pembimbing	**Pelaksana Kegiatan**
Prof. Dr. Ir. Ali Altway, M.Sc.	Regia Puspitasari
NIP. 19510804 197412 1001	NIM. 02211540000037

Mengetahui,
Wakil Rektor Bidang Akademik dan Kemahasiswaan

KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Prof. Dr. Ir. Heru Setyawan, M.Eng.
NIP. 19670203 199102 1 001

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Allah SWT, atas limpahan rahmat dan hidayahnya penulis dapat menyelesaikan karya tulis ilmiah dengan judul **"Bio-based EDLC *(Electric Double Layer Capacitor)* dari Ramie *(Boehmeria nivea)* dengan Metode Pirolisis Ammonia (NH_3) sebagai *Highly Efficient and Clean Energy Storage Device*".**

Dalam kesempatan ini kami mengucapkan terimakasih kepada :

1. Ibu Dr. Nanik Indayaningsih, ST. M.Eng selaku pembimbing dan peneliti senior di LIPI (Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia)
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Ali Altway, M.S, selaku pembimbing dari ITS
3. LIPI yang sudah membantu fasilitas hingga penelitian ini dapat diselesaikan
4. Rekan-rekan yang telah mensupport dan mendukung keberhasilan penelitian

Kami menyadari bahwa dalam penyusunan laporan ini jauh dari sempurna, baik dari segi penyusunan, bahasan, ataupun penulisannya. Oleh karena itu kami mengharapkan kritik dan saran yang sifatnya membangun, khususnya dari dewan juri guna menjadi acuan dalam bekal pengalaman bagi kami untuk lebih baik di masa yang akan datang.

ttd

Regia Puspitasari

DAFTAR ISI

BAB I
PENDAHULUAN

1.1. LATAR BELAKANG

Sebagai tindak lanjut program MDGs *(Millennium Development Goals), United Nation* menerbitkan SDGs *(Sustainable Development Goals)* yaitu program pembangunan berkelanjutan yang di dalamnya terdapat 17 tujuan dengan 169 target terukur (www.undp.org). Salah satu tujuan SDGs dalam bidang energi tertera dalam tujuan ke 7 yakni *"affordable and clean energy"* atau mewujudkan energi yang terjangkau dan terbarukan. Sektor energi merupakan sektor yang paling penting di Indonesia dan menjadi penggerak berbagai sektor lainnya, seperti halnya pertumbuhan ekonomi, kesehatan, hingga sistem komunikasi.

Kebutuhan energi nasional sangat dipengaruhi oleh laju pertumbuhan penduduk. Berdasarkan data BPS, pada 2017, jumlah penduduk Indonesia mencapai lebih dari 262 juta jiwa dengan laju pertahun sebesar 1,1% (BPS, 2017). Peningkatan jumlah penduduk secara signifikan memberikan dampak pada peningkatan kebutuhan energi yaitu sebesar 1,6% tiap tahunnya. Hingga saat ini, energi fossil masih menjadi sumber energi dominan yang menyebabkan Indonesia sedang dihadapkan pada problematika krisis energi berkepanjangan. Sebesar 80,3% total energi masih bersumber dari energi takterbarukan seperti batu bara, gas alam, minyak bumi dan energi nuklir (Serdar, 2016).

Kesediaan sumber energi fosil yang semakin menipis, mendorong adanya inovasi dibidang energi terbarukan. Potensi besar energi terbarukan menjadi tenaga listrik seperti angin (3,4 m/s), panas bumi (39 MW), panas matahari (4,51 watt/m^2/jam) dan air (658,03 Kw) mampu dikonversi menjadi energi listrik sebagai alternatif energi (Alpen, 2018). Produksi energi alternatif tentunya harus didukung dengan media penyimpan energi yang baik dan efisien. Efisiensi *energy storage device* yang tinggi akan mengurangi kehilangan energi, sehingga energi mampu disimpan dan disalurkan dengan baik. Terdapat beberapa jenis media penyimpan energi antara lain, baterai, kapasitor, superkapasitor dan superkonduktor (energi magnet). Baterai menjadi media yang paling sering digunakan dan diproduksi secara komersial, beberapa contohnya seperti *rechargeable alkaline battery, Ni-Cd Battery, Li-ion battery* dan *Lead-acid.* Akan

tetapi, penggunaan bahan kimia yang berbahaya dan melimpah pada baterai menyebabkan baterai-baterai tersebut membahayakan manusia dan lingkungan. Selain itu, baterai memiliki prinsip kerja utama reaksi kimia di dalamnya, sehingga *overheating* akan menyebabkan laju reaksi meningkat tajam, sehingga berpotensi terjadi *thermal runaway* yang mampu menjadi penyebab meledaknya baterai (Health and Safety Executive, 2011).

Electric Double Layer Capacitor menjadi alternatif menjanjikan sebagai media penyimpan energi karena memiliki densitas energi yang lebih tinggi daripada baterai dan sel bahan bakar serta densitas daya yang lebih tinggi daripada kapasitor konvensional (Halper dan Ellenbogen, 2006). EDLC atau superkapasitor dapat memberikan setidaknya 1000 kali lebih banyak energi daripada kapasitor dielektrik dan 10 kali lebih banyak daya dari baterai. Selain itu, superkapasitor memiliki siklus hidup yang lama yaitu lebih dari 500000 siklus (Zhou, 2015).

EDLC terdiri elektroda yang disusun secara sandwich dengan beberapa komponen lainnya. Material carbon pada elektroda dapat disintesa dari biomassa yang kaya akan gugus karbon. Serat rami menjadi potensi unggul material biomassa yang mampu diolah lebih lanjut menjadi material elektroda EDLC. Jenis tumbuhan yang sangat mudah tumbuh di Indonesia namun memiliki nilai jual yang rendah ini, memiliki kandungan selulosa 68-91%, hemiselulosa 5-17% dan lignin hanya 0,6-0,7% (Blendzki, 1999). Teknologi *bio-based* dari tanaman mampu di-*recycle*, ramah lingkungan, jumlahnya sangat melimpah dan murah (Blendzki, 1999).

Metode konvensional sintesa karbon memerlukan tiga tahap utama yaitu dehidrasi, karbonisasi dan aktivasi. Aktivasi menjadi tahap yang penting, karena karbon harus ditingkatkan karakteristiknya (porositas dan luas permukaan) baik melalui aktivasi kimia maupun fisika atau keduanya. Aktivasi fisika pada umumnya diimbangi dengan aktivasi kimia untuk memperoleh hasil optimum, namun proses tersebut memakan waktu yang lama. Aktivasi kimia mengakibatkan pemutusan rantai karbon dari senyawa organik dengan pemakian bahan-bahan kimia seperti $CaCl_2$, $MgCl_2$, $ZnCl_2$, NaOH, Na_2CO_3 dan NaCl (Sembiring, 2003). Namun, metode-metode tersebut akan memakan waktu hingga berhari-hari. Metode aktivasi yang efektif diperlukan untuk memotong waktu aktivasi,

sehingga produksi carbon elektroda akan jauh lebih cepat dengan biaya lebih murah. Gas ammonia NH_3 berpotensi digunakan dalam proses pirolisis, dikombinasikan dengan gas nitrogen N_2 untuk meningkatkan karakteristik elektroda. Dalam penelitian ini, akan membandingkan metode pembuatan material karbon untuk elektroda EDLC dengan metode pirolisis nitrogen N_2 dan metode pirolisis gas ammonia NH_3. Pirolisis gas ammonia diharapkan menjadi terobosan metode *treatment* biomassa menjadi carbon elektroda EDLC yang jauh lebih efektif sekaligus upaya dalam mempersiapkan Indonesia untuk Revolusi Industri 4.0 dimana proses produksi dilakukan dengan lebih cepat, lebih murah dan lebih efisien. Selain itu, bahan kimia yang jauh lebih sedikit dibandingkan dengan kombinasi aktivasi fisika dan kimia sehingga akan meminimalisir adanya polusi dan limbah sehingga lebih aman dan ramah lingkungan.

1.2. RUMUSAN MASALAH

Dari uraian tersebut, dapat dirumuskan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana karakteristik carbon hasil pirolisis gas Ammonia (NH_3) dan Nitrogen (N_2)?
2. Bagaimana karakteristik elektroda EDLC (*Electric Double Layer Capasitor)* berdasarkan struktur ikatan, struktur morfologi, *charging-discharging,* dan kepabilitas *electric* dengan variabel metode pirolisis gas Ammonia (NH_3) dan Nitrogen (N_2)?

1.3. TUJUAN

Tujuan dari percobaan ini adalah sebagai berikut :

1. Menganalisa karakteristik carbon hasil pirolisis gas Ammonia (NH_3) dan Nitrogen (N_2)
2. Menganalisa karakteristik elektroda EDLC (*Electric Double Layer Capasitor)* berdasarkan struktur ikatan, struktur morfologi, *charging-discharging,* dan kepabilitas *electric* dengan variabel metode pirolisis gas Ammonia (NH_3) dan Nitrogen (N_2) sebagai teknologi penyimpan energi

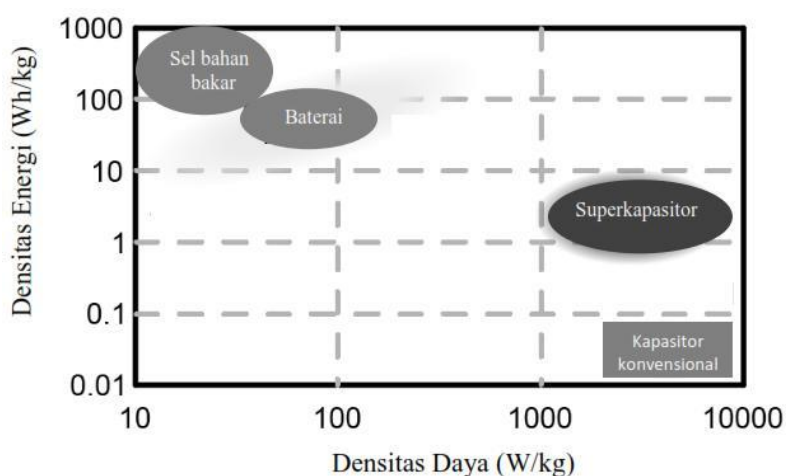
1.4. MANFAAT

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Pemanfaatan rami sebagai material superkapasitor merupakan langkah ekonomis untuk menciptakan *energy storage device* yang optimal. Harga rami yang lebih terjangkau dari serat lainnya namun memiliki kadar selulosa yang tinggi dengan lignin dan gum yang sangat rendah.
2. Metode pirolisis dengan gas ammonia mampu memberikan solusi alternatif sebagai metode peningkatan karakterisasi karbon elektroda EDLC yang lebih efisien dan ramah lingkungan

BAB II
TELAAH PUSTAKA

2.1. *ELECTRIC DOUBLE LAYER CAPASITOR*

Electric Double Layer Capacitor (EDLC) adalah jenis kapasitor yang menyimpan energi dalam *electrochemical double-layer* pada elektroda dan termasuk dalam jenis kapasitor elektrokimia. Kapasitor ini memiliki beberapa nama yang sering disebut seperti '*Double-layer capacitor*', '*Supercapacitor*', '*Ultracapacitor*', '*Powercapacitor*', atau '*Goldcapacitor*'. z

Gambar 1.1. Kemampuan perangkat penyimpanan energi (Kotz dan Carlen 2000)

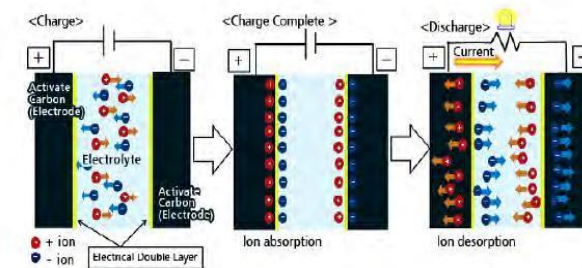
Superkapasitor menempati wilayah antara kapasitor konvensional dan baterai (Halper dan Ellenbogen, 2006). Superkapasitor dapat memberikan setidaknya 1000 kali lebih banyak energi daripada kapasitor dielektrik dan 10 kali lebih banyak daya dari baterai. Selain itu, superkapasitor memiliki siklus hidup yang lama yaitu lebih dari 500000 siklus (Zhou, 2015).

Tabel 1. Karakteristik Media Penyimpan Energi (Signorelli dkk.2009)

Parameter	Kapasitor	Baterai	Superkapasitor
Energy Density (Wh/kg)	$\sim 10^{-2}$	5 to 150	1 to 10
Power Density (W/kg)	1000-10000	10-500	1000-5000
Charge and discharge rate T	10^{-3} sec	~1 to 5 hrs	~1 sec to 1 min
Cycle life N	∞	$\sim 10^{3}$	$\sim 10^{6}$

Superkapasitor terdiri dari tiga komponen penting yaitu elektroda, elektrolit, dan *separator*. Kinerja keseluruhan dari superkapasitor ditentukan oleh sifat fisik dari kedua elektroda dan bahan elektrolit. Kinerja elektrokimia superkapasitor dapat diketahui melalui pengukuran *charge-discharge* dengan voltametri siklik dan galvanostat. Superkapasitor menyimpan energi dengan cara membentuk lapisan ganda listrik pada antarmuka elektroda/elektrolit dan muatan listrik diakumulasi pada permukaan elektroda serta muatan ion yang berlawanan disusun di sisi elektrolit.

Adanya mekanisme absorpsi dan desorpsi ion pada *double-layer* elektroda karbon aktif berperan dalam pengisian dan pengosongan EDLC. Dengan memberikan tegangan pada elektroda yang saling berhadapan maka ion akan tertarik ke permukaan kedua elektroda dan terjadilah proses pengisian atau *charging*. Sebaliknya, ion akan bergerak menjauh saat EDLC digunakan atau *discharging* (Murata Co. Ltd. 2013).

Skema mekanisme dari *charge* dan *discharge* dan pergerakan ion pada EDLC dapat dilihat pada gambar dibawah ini.

Gambar 1.2 Skema proses *charging* dan *discharging* pada EDLC (Murata Co. Ltd. 2013)

Sistem penyimpanan ini berbeda dengan baterai dimana baterai memiliki prinsip kerja *chemical reaction-based* atau energi yang dihasilkan berasal dari reaksi kimia di dalamnya, sehingga ketika terjadi *overheating* maka laju reaksi akan meningkat dan berpotensi menyebabkan ledakan karena *thermal runaway.*

2.2. RAMI

Serat rami dideskripsikan mirip dengan serat kapas dengan beberapa kelebihan, yaitu serat lebih panjang, kekuatan serat lebih besar dan daya serap air lebih besar. Namun demikian, serat rami lebih kasar dan daya mulurnya lebih

rendah dibandingkan karakter yang dimiliki serat kapas (Santoso dan Sastrosupadi, 2008)

Table 2. Sifat fisik dan kimia rami (Santoso dan Sastrosupadi, 2008)

Karakter	Nilai
Selulosa (% berat)	68,6 - 76,2
Lignin (% berat)	0,6 – 0,7
Hemiselulosa (% berat)	13,1 – 16,7
Pektin (% berat)	1,9
Lilin (% berat)	0,3
Sudut mikrofibril (^{o})	7,5
Kadar air (% berat)	8,0
Kerapatan (mg/m^3)	1,5

Selain merupakan material organik, rami juga merupakan bahan yang memiliki serat kualitas baik dengan harga yang jauh lebih terjangkau dibandingkan serat lainnya. Seiring dengan terus digalakannya *green technology* atau teknologi yang ramah lingkungan, maka teknologi berbasis biomassa semakin banyak diproduksi. Kandungan selulosa dan hemiselulosa yang tinggi menjadi potensi biomassa yang baik. Kelebihan lain dari serat ini ialah kandungan lignin dan pektinnya yang rendah. Kedua zat tersebut merupakan karbohidrat kompleks yang sulit diuraikan, sehingga kandungan yang tinggi kurang baik untuk digunakan.

2.3. AKTIVASI DAN PIROLISIS

Sebuah material biomasaa harus diproses melalui beberapa tahap untuk memperoleh karbon aktif sebagai elektroda EDLC. Pembuatan karbon aktif dilakukan dengan proses dehidrasi, karbonisasi dan dilanjutkan dengan proses aktivasi material karbon yang biasanya barasal dari tumbuh-tumbuhan. Proses karbonisasi dilakukan dengan pembakaran dari material yang mengandung karbon dan dilakukan tanpa adanya kontak langsung dengan udara (Marsh, 2006).

Setelah melalui proses karbonasi, material tersebut harus melalui proses aktivasi untuk meningkatkan karakteristiknya baik luas permukaan maupun porositasnya. Aktivasi adalah suatu perlakuan terhadap arang yang bertujuan untuk memperbesar pori yaitu dengan cara memecahkan ikatan hidrokarbon atau mengoksidasi molekul-molekul permukaan sehingga arang mengalami perubahan sifat, baik fisika maupun kimia, yaitu luas permukaannya bertambah besar dan

berpengaruh terhadap daya adsorpsi (Sembiring, 2003). Proses aktivasi dapat dilakukan secara kimia maupun fisika atau keduanya secara bergantian.

Aktivasi fisika merupakan proses pemutusan rantai karbon dari senyawa organik dengan bantuan panas, uap dan CO_2 (Sembiring, 2003). Metode aktivasi secara fisika antara lain dengan menggunakan uap air, gas karbon dioksida, oksigen, dan nitrogen. Gas-gas tersebut berfungsi untuk mengembangkan struktur rongga yang ada pada arang sehingga memperluas permukaannya, menghilangkan konstituen yang mudah menguap dan membuang produksi tar atau hidrokarbon-hidrokarbon pengotor pada arang. Sedangkan aktivasi kimia merupakan proses pemutusan rantai karbon dari senyawa organik dengan pemakian bahan-bahan kimia (Sembiring, 2003). Aktivasi secara kimia biasanya menggunakan bahan-bahan pengaktif seperti garam kalsium klorida ($CaCl_2$), magnesium klorida ($MgCl_2$), seng klorida ($ZnCl_2$), natrium hidroksida (NaOH), natrium karbonat (Na_2CO_3) dan natrium klorida (NaCl).

Pirolisis adalah proses pemanasan suatu zat dengan oksigen terbatas sehingga terjadi penguraian komponen-komponen penyusun kayu keras (Hidayat, 2013). Pada proses pirolisis energi panas mendorong terjadinya oksidasi sehingga molekul karbon yang kompleks terurai sebagian besar menjadi karbon atau arang. Istilah lain dari pirolisis adalah *destructive distillation* atau destilasi kering, dimana merupakan suatu proses yang tidak teratur dari bahan-bahan organik disebabkan oleh pemanasan yang tidak berhubungan dengan udara luar. Metode ini merupakan salah satu aktivasi fisika. Pada umumnya, pirolisis menggunakan gas inert seperti argon maupun nitrogen yang tidak akan bereaksi secara langsung dengan material. Proses pirolisis sebagai aktivasi fisika, pada umumnya diiringi dengan proses aktivasi kimia dengan berbagai bahan kimia yang cukup memakan waktu yang lama. Selain itu, sisa bahan kimia yang dihasilkan juga cukup banyak sehingga berbahaya untuk lingkungan.

BAB III
METODOLOGI

3.1. PROSES PEMBUATAN EDLC

1. Proses *Degumming* Serat Rami

Sebelum tanaman rami melalui proses *degumming*, batang rami harus didekortikasi terlebih dahulu menggunakan mesin dekortikasi untuk memperoleh serat rami. Proses *degumming* bertujuan untuk memperoleh selulosa dan hemiselulosa dari serat serta meluruhkan lignin dan *gum* yang terkandung dalam serat rami. Lignin dan *gum* akan menyebabkan cairan kental keclokatan pada proses pirolisis sehinga mempengaruhi tabung pirolisis. Degumming dilakukan dengan merendam rami yang telah didekosrtikasi ke dalam larutan NaOH 5% pada suhu 90-95^{o}C selama 2-3 jam kemudian membilas dengan *distilled water* hingga bersih dan di *oven* 70-80 ^{o}C selama 24 jam.

2. Proses Pirolisis

Proses pirolisis merupakan proses karbonisasi biomassa atau selulosa serat rami menggunakan *furnace*. Metode konvensional untuk mengkarbonisasi selulosa ialah menggunakan gas *purging* inert atau yang tidak bereaksi seperti nitrogen (N_2) and Argon (Ar). Dalam penelitian ini digunakan ammonia sebagai gas *purging* dalam proses pirolisis dengan hipotesa gas ini mampu meningkatkan karakteristik elektroda.

Prosedur pirolisis gas nitrogen N_2:

1. Menimbang serat rami yang sudah di *degumming* dan dikeringkan 14 gram, kemudian meletakkan di *combustion boat*
2. *Combustion boat* dimasukkan ke tabung *furnace*, kemudian pirolisis dilakukan dengan gas *purging* nitrogen *flowrate* 500 ml/min dengan suhu 450°C ditahan selama 30 menit, lalu suhu dinaikkan hingga 800°C ditahan selama 2 jam
3. Karbon hasil pirolisis kemudian dihaluskan

Prosedur pirolisis gas ammonia NH_3:

1. Menimbang serat rami yang sudah di *degumming* dan dikeringkan 14 gram, kemudian meletakkan di *combustion boat*

2. *Combustion boat* dimasukkan ke tabung *furnace*, kemudian pirolisis dilakukan dengan gas *purging* nitrogen di awal dengan *flowrate* 100ml/min suhu 450°C ditahan selama 30 menit, lalu input gas *purging* diganti dengan gas ammonia dengan *flowrate* 100ml/min dan suhu dinaikkan hingga 800°C ditahan selama 2 jam
3. Karbon hasil pirolisis kemudian dihaluskan

3. Pembuatan Elektroda

Terdapat dua variabel karbon, yaitu C-N_2 yaitu karbon dengan pirolisis gas nitrogen dan C-NH_3 yakni karbon hasil pirolisis gas ammonia. Kemudian masing-masing karbon tersebut diproses menjadi elektroda menggunakan polimer PVDF (*polyvinyldine fluoride)* karena polimer ini memiliki konduktivitas cukup baik, selain itu pelarut yang digunakan adalah DMAc *(N,N, Dimethilacetamide)* karena *volatile* sehingga proses pembentukan elektroda lebih efektif dan efisisien. EDLC disusun dengan separator berupa *cell gard*™ dan elektrolit Na_2SO_4

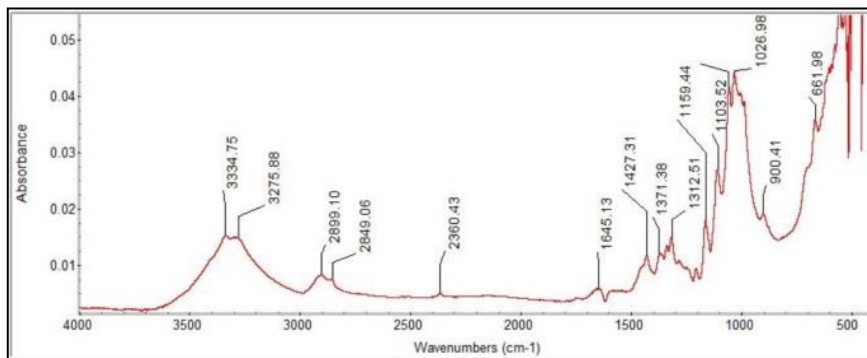
4. Pengujian Karakteristik

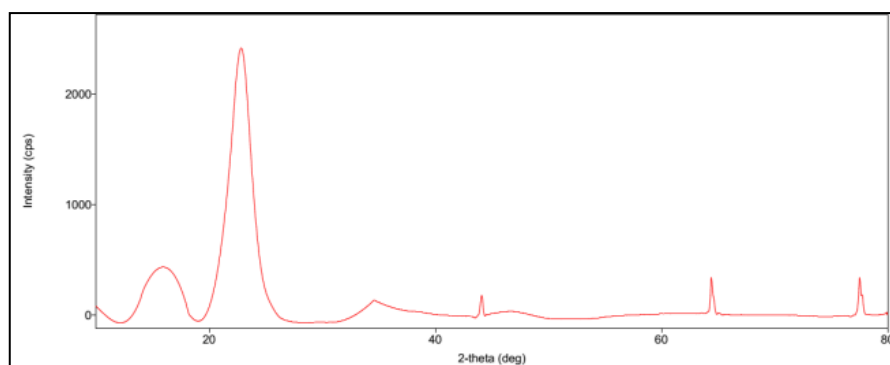
1. Karakterisasi selulosa : Serat rami setelah di *degumming* dianalisa dengan FTIR *(Fourier Transform Infrared Spectroscopy*) untuk menganalisa gugus fungsi organiknya dan XRD *(X-Ray Diffraction)* untuk menganalisa struktur material.
2. Karakterisasi Karbon : karbon (C-N_2) dengan pirolisis gas nitrogen (N_2) dan karbon (C-NH_3) dengan pirolisis gas ammonia (NH_3) keduanya dianalisa dengan BET *(Brunauer Emmet and Teller)* untuk mengetahui luas permukaannya dan FTIR *(Fourier Transform Infrared Spectroscopy*) untuk menganalisa gugus fungsi organiknya.
3. Karakterisasi Elektroda : elektroda EDLC C-N_2 dan EDLC C-NH_3 kemudian dianalisa morfologinya dengan SEM *(Scanning Electron Microscopy),* CV *(Cyclic Voltamettry)* untuk menganalisa kapabilitas elektriknya dan EIS *(Electrochemical Impedance Spectroscopy).*

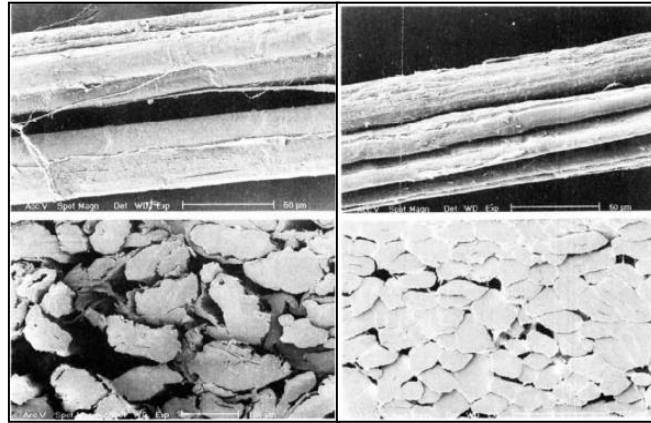
BAB IV
HASIL ANALISIS DAN SINTESIS

4.1. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Selulosa serat rami

Tujuan dari proses *degumming* pada serat ramie adalah untuk mendapatkan kandungan selulosa dan hemiselulosa serta menghilangkan kandungan lignin dan *gum* dengan dibuktikannya melalui pengujian dengan FTIR. Pada gambar 4.1 menunjukan mayoritas ikatan gugus merupakan selulosa. Ikatan O-H pada 3334^{-1} cm; ikatan C-O-C pada 1159^{-1} cm; menunjukkan hasil dari proses *degumming* mengandung selulosa yang termasuk dalam kategori senyawa *hydrocarbon.*

Gambar 4.1. FTIR selulosa serat rami

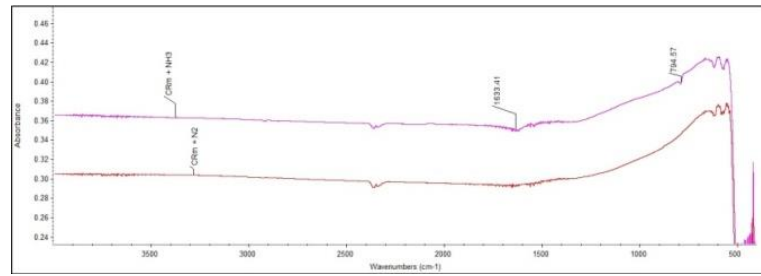
Sedangkan lignin memiliki tingkat absorbansi pada 0.8 atau lebih diatas selulosa dan hemiselulosa. Senyawa yang memiliki tingkat absorbansi dibawah 0.8 adalah selulosa dan hemiselulosa dengan ikatan utamanya adalah C-O, C-H, C-O-C, dan O-H.

Gambar 4.2. Struktur analisis selulosa serat rami dengan XRD

Selain menggunakan analisa FTIR, pada gambar 4.2 adalah hasil analisa struktur material sampel dengan XRD. Pada absis X dengan 2θ (deg), 2θ = 16.42(10) deg; 2θ = 22.83(2) deg; menunjukkan proses *degumming* menghasilkan zat Ammonia selulosa ($C_6H_{14}N_2O_5$) yang dapat digunakan sebagai sumber karbon yang baik.

(a) (b)

Gambar 4.3. Perpotongan serat rami a) hasil dekortikasi dan b) setelah *degumming* (Ahmed , 2004)

Serat rami yang terdekortikasi adalah batang pohon rami yang diproses dengan menggunakan suatu mesin dekortikasi untuk mendapatkan serat batangnya saja. Proses *degumming* mereduksi lignin dan *gum* sebagai perlakuan awal sebelum menuju proses pirolisis. Pada serat rami hasil dekortikasi dan *degumming* terdapat perbedaan secara fisik, yaitu serat rami hasil proses *degumming* lebih lembut dan tipis dari pada serat rami terdekortikasi. Hasil proses dekortikasi memiliki serat yang berwarna coklat, namun serat yang di *degumming* berwarna coklat pudar. Hal itu menunjukkan bahwa *gum* telah dihilangkan.

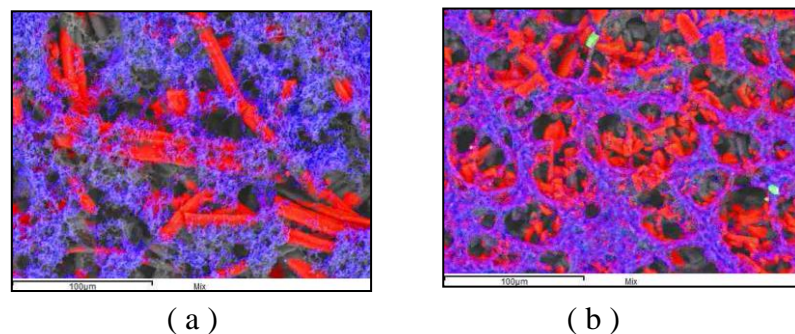
2. Karakterisasi Karbon

Karbon dengan ikatan C-N_2 dan C-NH_3 dianalisa untuk membandingkan luas permukaannya. Analisa tersebut menunjukkan bahwa pirolisis dengan menggunakan gas ammonia (NH_3) dapat menggores permukaan karbon, maka karbon C-NH_3 memiliki luas permukaan yang lebih besar daripada karbon C-N_2. Luas permukaan dari karbon C-N_2 (pirolisis dengan menggunakan gas Nitrogen N_2) sebesar 119,098 m^2/g, sedangkan luas permukaan karbon C-NH_3 (pirolisis dengan menggunakan gas ammonia NH_3) sebesar 143,791 m^2/g.

Gambar 4.4. Hasil FTIR $C-N_2$ dan $C-NH_3$

Pada gambar 4.4 terdapat 2 grafik hasil analisa FTIR, yakni grafik yang berwarna merah adalah hasil analisa karbon $C-N_2$ sedangkan grafik berwarna ungu adalah hasil analisa karbon $C-NH_3$. Kedua sampel tersebut mendapat perlakuan yang sama berdasarkan parameter suhu dan waktu pirolisis, tetapi menggunakan gas yang berbeda. Namun hasil analisa FTIR kedua karbon tersebut menunjukkan hasil yang berbeda. Analisa FTIR karbon $C-NH_3$ memilki puncak pada nilai gelombang 1633cm^{-1} and 794 cm^{-1}. Dengan nilai gelombang pada 1633 cm^{-1} , proses pirolisis dengan gas NH_3 menghasilkan karbon yang terindikasikan mengandung ikatan C-N.

3. Kapabilitas Elektroda

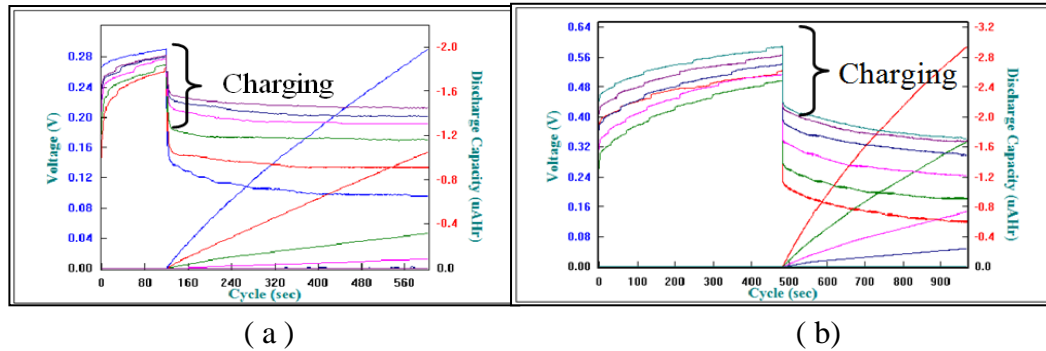
Pengujian untuk mengetahui kapabilitas dari elektroda EDLC menggunakan CV (*Cyclic Voltametry*), SEM (*Scanning Electron Spectroscopy*) dan EIS

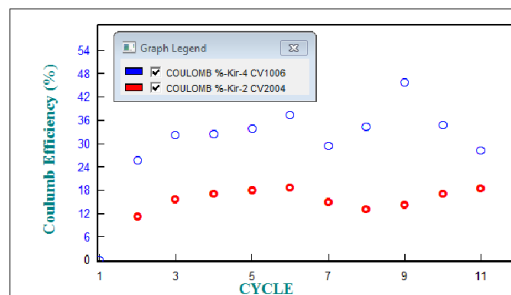
(a) (b)

Gambar 4.5. SEM a.) elektroda $C-N_2$ dan b.) elektroda $C-NH_3$

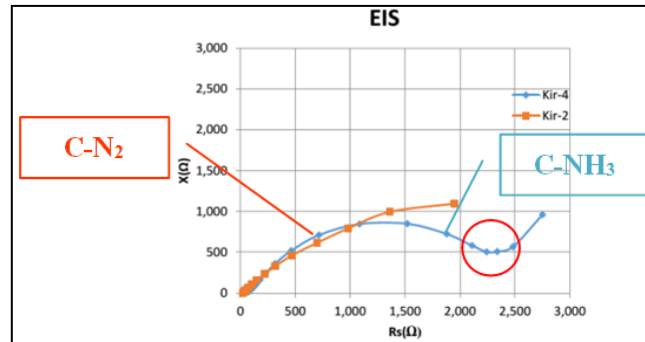
Pada gambar 4.5, pemetaan dari sampel elektroda menunjukkan bagian yang berwarna merah adalah karbon dan bagian yang berwarna ungu adalah polimer. Elektroda tersebut adalah hasil karbonisasi dari serat rami yang telah di *degumming*. Elektroda dari karbon $C-NH_3$ (b) menunjukkan partikel karbon yang lebih kecil dan homogen daripada elektroda dari karbon $C-N_2$ (a). Perbedaan fisik

kedua elektroda itu disebabkan karena penggunaan gas ammonia NH_3 yang mampu meningkatkan karakteristik fisik karbon.

Selain itu, analisa karakteristik elektrokimia dengan menggunakan CV menunjukkan:

(a) (b)

Gambar 4.6. a) *charging-discharging* elektroda C-N_2 dan b) *charging-discharging* elektroda C-NH_3

Kemampuan *charging-discharging* elektroda C-NH_3 lebih baik daripada elektroda C-N_2 pada beban arus yang sama. Grafik pada gambar 4.6.a dan 4.6.b menunjukkan elektroda C-N_2 mampu melakukan *charging* hingga 0.28 V dan memiliki kapasitas *discharge* 2.0 µAhr. Namun, elektroda C-NH_3 dapat melakukan *charging* lebih tinggi yang mencapai 0.48 V dan memiliki kapasitas *discharge* 2.8 µAhr. Tegangan yang dicapai oleh elektroda C-NH_3 2-3 kali lebih tinggi dari elektroda C-N_2.

Gambar 4.7. *couloumbic efficiency* elektroda C-N_2 dan C-NH_3

Gambar 4.7 menunjukkan elektroda C-NH_3 memiliki efisiensi *couloumbic* lebih tinggi dari elektroda C-N_2, yakni mencapai 45-50% sedangkan elektroda C-N_2 mencapai 12-18%. Hasil analisa tersebut menunjukkan bahwa penggunaan gas ammonia mampu meningkatkan efisiensi kolombik hingga 2-3 kali. Perpindahan ion dan elektron pada alat penyimpan energi dapat di observasi dengan menggunakan analisa EIS (*Electrochemical Impedance Spectrometry*).

Gambar 4.8. Impedansi elektroda C-N_2 dan C-NH_3

Impedansi elektrokimia dapat diukur menggunakan tegangan AC. Hasil dari analisa EIS ditunjukkan pada gambar 4.8. Grafik pada gambar 4.8 disebut sebagai grafik *nyquist*. Lingkaran merah menunjukkan warburg impedansi yang disebabkan oleh transfer elektron dari suatu elektroda dengan elektroda lainnya. Grafik *nyquist* yang berwarna biru adalah hasil analisa EIS dari elektroda C-NH_3. Grafik tersebut menunjukkan impedansi warburg sekitar 2500Ω dan menyebabkan ekstrapolasi yang ditunjukkan oleh grafik setengah lingkaran. Namun, pada fase yang sama, grafik oranye sebagai hasil analisa dari elektroda C-N_2 menunjukkan bahwa sistem belum mencapai impedansi warburg. Maka, susunan EDLC dengan elektroda C-NH_3 dapat dikualifikasikan sebagai EDLC sedangkan elektroda C-N_2 tidak dikarenakan belum tercapainya impedansi warburg. Nilai kapasitansi dari EDLC dengan elektroda C-NH_3 menggunakan uji EIS adalah 0,27 mF/g. Namun, EDLC dengan elektroda C-N2 memiliki nilai kapasitansi 0,17 mF/g.

Fungsi gas ammonia sebagai penggores permukaan karbon secara fisik mampu meningkatkan luas permukaan dari karbon. Peningkatan luas permukaan karbon menyebabkan kontak antara elektroda dan ion semakin besar. Hasilnya, di dalam EDLC terdapat jumlah elektron yang lebih tinggi. Hal itu dibuktikan dengan nilai kapasitansi EDLC elektroda C-NH_3 lebih tinggi daripada EDLC elektroda C-N_2. Metode pirolisis dengan gas ammonia dalam proses produksi EDLC akan membutuhkan waktu yang jauh lebih singkat, sekitar 10 kali lebih singkat dibandingkan dengan metode konvensional dengan hasil yang lebih baik. Bahan kimia yang digunakan juga jauh lebih sedikit dibandingkan dengan metode konvensional. Sehingga lebih efisien dalam hal penggunaan bahan baku. Limbah yang dihasilkan pun jauh lebih sedikit sehingga metode ini jauh lebih ramah lingkungan.

BAB V
SIMPULAN DAN REKOMENDASI

5.1. KESIMPULAN

1. Berdasarkan hasil uji FTIR pada serat rami yang telah direduksi ligninnya melalui proses *degumming*, terdapat ikatan O-H, C-H dan C-O-C, ikatan ini menunjukkan gugus-gugus yang terdapat pada bahan selulosa. Luas permukaan karbon dengan pirolisis gas ammonia lebih besar dari karbon dengan pirolisis gas nitrogen, yakni mencapai 143,791 m^2 /g sedangkan karbon pirolisis gas nitrongen memiliki luas permukaan 119,098 m^2 /g
2. Berdasarkan hasil uji SEM, molekul elektroda karbon C-N_2 (pirolisis dengan gas ammonia) memiliki struktur pori-pori lebih rapat dibandingkan molekul karbon pada elektroda karbon C-NH_3 (pirolisis gas nitrogen). Terdapat pengujian CV yang meliputi stabilitas, reversibilitas, *charge-discharging,* dan effisiensi *coulumbic*. Berdasarkan grafik hasil uji stabilitas dan reversibilitas, elektroda C-NH_3 menunjukan hasil yang lebih unggul dibandingkan elektroda C-N_2. Pengujian EIS juga menunjukan karakteristik lebih unggul pada EDLC C-NH_3 dengan nilai kapasitansi dari elektroda C-NH3 0,27 mF/g dan EDLC C-N_2 0,17 mF/g.

5.2. REKOMENDASI

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dicapai, diperlukan penelitian berkelanjutan untuk mengetahui seberapa jauh gas NH_3 pada proses pirolisis serat rami dapat digunakan. Variabel *flowrate* atau laju alir gas juga menjadi hal penting lainnya yang harus diteliti lebih lanjut.

DAFTAR PUSTAKA

Ahmed, M., "Characteristics of degummed ramie fiber and its cotton blended yarns," *Indian Journal of Fibre and Textile Research*, vol. 29, pp. 362-365, 2004.

Ali, E. K. Tahereh, and S. Mansooreh, "Preparation of High surface area activated carbon from Polyethyleneterephtalat (PET) waste by physical activation," *Journal of Chemistry and Environment*, vol. 15, no. 2, pp. 433, 2011.

Alpen, 2018. *Technology Brief 8: Supercapacitors As Batteries*. Michigan : University of Michigan

B. Santoso and A. Sastrosupadi, "Lampiran deskripsi klon unggul rami," in *Budidaya Tanaman Rami (Boehmeria nivea Gaud.) untuk Produksi Serat Tekstil*, D. Triani, ed., Malang: Bayu Media, pp. 83-85, 2008

Blendzki, A. and J. Gassan, "Composites reinforced with cellulose based Fiber," *Progress in Polymer Science (Oxford)*, no. 24, p. 221, 1999.

Chattopadhyay, S. K. and M. Ahmed, "Blended textile for niche market from natural fiber," *Journal of Central Institute for Cotton Research*, pp. 2, 2006.

Farma, R., M. Deraman, A. Awitdrus, I. A. Talib, E. Taer, N. H. Basri, *dkk*., "Preparation of highly porous binderless activated carbon electrodes from fibres of oil palm empty fruit bunches for application in supercapacitors," *Bioresources Technology*, vol. 132, pp. 254-261, 2013.

Halper, S. M. & Ellenbogen, C. J., 2006. *Supercapacitor: A Brief Overview*, Virginia: The MITRE Corporation.

Health and Safety Executive, *Using Electric Storage Batteries Safely*. 1st ed. London: Health and Safety Executive, 2011.

Hidayat, DJ., 2013. Pembuatan Asap Cair Dengan Metoda Pirolisis Sebagai Bahan Pengawet Makanan, IPB, Bogor.

http://www.undp.org/content/undp/en/home/sustainable-development-goals.html diakses pada 1 Maret 2018

https://www.bps.go.id/ diakses pada 3 Maret 2018

Kalita, B. B., N. Gogoi, and S. Kalita, “Properties of ramie and its blend,” *International Journal of Engineering Research and General Sciences*, vol. 2, p. 1, 2013.

Kotz R. M., Carlen. 1999. *Principles and applications of electrochemical capacitors.* Electrochimica Acta 45: 2483–2498

Marsh, Harry. 2006. *Activated Carbon 1st Edition*. Spain : Elsevier Science

McManus, M. C. “Environmental Consequences of the Use of Batteries in Low Carbon Systems: The Impact of Battery Production”, Applied Energy, 93. pp. 228-295 2012

Murata America Co. Ltd. 2013. “*High Performance Electrical Double Layer Capacitor*.” Smyrna: Murata Electronics

National Academy of Sciences, “Other uses of rami,” In: E. W. Smith, ed. *Underexploited Tropical Plants with Promising Economic Value*, Washington D.C.: National Research Council, p. 157, 1975.

Prihandoko, B., “Pengaruh $LiClO_4$ pada konduktivitas katoda komposit keramik $Li_{1,37}Mn_2O_4$,” *Jurnal Sains Materi Indonesia*, pp. 147-152, 2007.

Santoso, B. and A. Sastrosupadi, “Lampiran deskripsi klon unggul rami,” in *Budidaya Tanaman Rami (Boehmeria nivea Gaud.) untuk Produksi Serat Tekstil*, D. Triani, ed., Malang: Bayu Media, pp. 83-85, 2008.

Saragih, S.A. “Pembuatan dan karakterisasi karbon aktif dari batubara riau sebagai absorben,” Thesis of Engineering Faculty, Indonesia University, pp. 11-12, 2008.

Sembiring, M.T. dan Sinaga, T.S., 2003, Arang Aktif (Pengenalan dan Proses Pembuatannya), Jurusan Teknik, Industri Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara, Sumatera Utara.

Serdar dkk. 2016. The Real Crisis Waiting for the World: Oil Problem and Energy Security. *International Journal of Energy Economics and Policy*. Vol 3. Hal 74-79

Signorelli. R., Daniel, C., Ku., John, G., Kassakian, dan Joel, E., Schindall. J.E. 2009 “*Electrochemical Double-Layer Capacitors Using Carbon Nanotube Electrode Structures.”* Proceedings of the IEEE 97. 11: 1837-1847

Statistic Division of Food and Agliculture Organization, *Production Crops All Data*, Rome: FAO, 2015.

Zhou, *et al.* High Performance All-solid Supercapacitors Based on the Network of Ultralong Manganese dioxide/Polyaniline Coaxial Nanowires. *Sci. Rep.* **5**, 17858; doi: 10.1038/srep17858 (2015).

LAMPIRAN

Gambar 1. Serat Ramie

Gambar 2. Penimbangan NaOH

Gambar 3. Pembuatan larutan

Gambar 4. Degumming Serat Rami

Gambar 5. Pembuatan Slurry

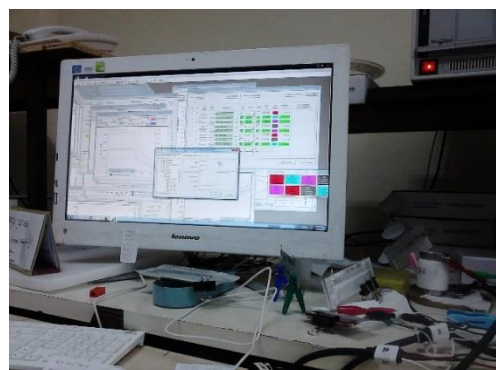
Gambar 6. Serat Ramie Hasil Degumming

Gambar 7. Laboratorium LIPI PPF

Gambar 8. Karbon serat rami

Gambar 9. Carbon Serat Ramie

Gambar 10. Carbon Serat Ramie

Gambar 11. Elektroda Carbon Serat Ramie

Gambar 12. Pengujian di Laboratorium LIPI

Gambar 13. Elektroda Carbon

Gambar 14. Elektroda Carbon

Gambar 15. Laboratorium LIPI PPF

Gambar 16. Laboratorium LIPI PPF

SURAT PERNYATAAN

Saya bertanda tangan di bawah ini:

Nama	: REGIA PUSPITASARI
Tempat/Tanggal Lahir	: MADIUN, 25 SEPTEMBER 1996
Program Studi	: S1 TEKNIK KIMIA
Fakultas	: FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
Perguruan Tinggi	: INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
Judul Karya Tulis	: BIO-BASED EDLC (ELECTRIC DOUBLE LAYER CAPACITOR) FROM RAMIE (BOEHMERIA NIVEA) DENGAN METODE PIROLISIS AMMONIA (NH_3) SEBAGAI HIGHLY EFFICIENT AND CLEAN ENERGY STORAGE DEVICE

Dengan ini menyatakan bahwa Karya Tulis yang saya sampaikan pada kegiatan Pilmapres ini adalah benar karya saya sendiri tanpa tindakan plagiarisme dan belum pernah diikutsertakan dalam lomba karya tulis.

Apabila di kemudian hari ternyata pernyataan saya tersebut tidak benar, saya bersedia menerima sanksi dalam bentuk pembatalan predikat Mahasiswa Berprestasi.

SURABAYA, 17 APRIL 2018

Mengetahui,

Dosen Pendamping

Prof. Dr. Ir. Ali Altway, M.Sc.

~~NIP~~/NIDN 0004085103

Yang menyatakan

METERAI TEMPEL

TGL. 20

A2AFF042547118

6000

ENAM RIBU RUPIAH

REGIA PUSPITASARI

NIM 02211540000037